

明 細 書

発電電動機装置

発明の分野

- 5 本発明は、高温高圧蒸気の断熱膨張作用を機械仕事に変換する容積型の膨張機の出力軸に発電電動機を連結した発電電動機装置に関する。

背景技術

- () 10 日本特開平5-98902号公報には、ランキンサイクル装置の容積型膨張機のケーシングと、前記膨張機の出力軸により駆動される電動機のケーシングとを一体化するとともに大気に対して密封構造とすることで、膨張機のケーシングおよび発電機のケーシングから作動媒体であるアンモニアやフロンが大気に漏洩するのを防止するものが記載されている。その電動機はいわゆるキャン型であり、電動機のケーシングの一部を構成するキャンでロータの外周を覆ってステータから隔絶することにより、ステータを通しての作動媒体の漏洩を防止し、かつ作動
15 媒体によるステータコイルの腐食防止と大気によるステータコイルの冷却とを図っている。

- () 20 また日本特開昭52-36242号公報には、フロン等を作動媒体とするランキンサイクル装置の非容積型の膨張機のケーシングの内部空間と、前記膨張機の出力軸により駆動される減速歯車および発電機のケーシングの内部空間とを隔壁で仕切り、減速歯車および発電機のケーシングの内圧を膨張機のケーシングの内圧よりも低くすることで、減速歯車および発電機を潤滑するオイルへの作動媒体の溶解を防止するとともに、発電機のロータの回転抵抗を減少させるものが記載されている。

- 25 ところで、ランキンサイクル装置の膨張機の出力軸に接続されて駆動される発電機は、そのステータコイルが発熱して高温になるため、何らかの手段で冷却することが必要である。

上記日本特開平5-98902号公報に記載されたものは、発電機をキャン型にしてステータコイルを直接大気に接触させることで冷却を図っているが、それだけで十分な冷却効果を得ることは困難である。

また上記日本特開昭52-36242号公報に記載されたものは、高圧側の膨張機のケーシングから低圧側の減速歯車および発電機のケーシングに若干の作動媒体が漏出するため、その漏出作動媒体で発電機を冷却できれば好都合である。

しかしながら、非容積型の膨張機から排出される作動媒体は、容積型の膨張機から漏出する作動媒体と異なって高温高圧であるため、現実的には発電機の冷却効果は期待できない。

発明の開示

本発明は前述の事情に鑑みてなされたもので、容積型の膨張機に連結された発電電動機を効果的に冷却すると同時に、前記膨張機からの熱逃げを最小限に抑えて効率の向上を図ることを目的とする。

上記目的を達成するために、本発明の第1の特徴によれば、高温高圧蒸気の断熱膨張作用を機械仕事に変換する容積型の膨張機の出力軸に発電電動機を連結した発電電動機装置において、オイルで潤滑される膨張機を収納する膨張機ケーシングと発電電動機を収納する発電電動機ケーシングとを外気に対して密封状態で結合するとともに、膨張室からの漏れ蒸気が存在する膨張機ケーシングの内部空間と発電電動機ケーシングの内部空間とを連通孔を介して連通させたことを特徴とする発電電動機装置が提案される。

上記構成によれば、膨張機ケーシングと発電電動機ケーシングとを外気に対して密封状態で結合したので、蒸気が膨張機ケーシングおよび発電電動機ケーシングの外部に漏れることを防止するとともに、外気が膨張機ケーシング内の蒸気やオイルに混入するのを防止することができる。また膨張機ケーシングの内部空間と発電電動機ケーシングの内部空間とを連通孔を介して連通させたので、発電機あるいは電動機として機能することで高温になった発電電動機を、膨張機の作動室から膨張機ケーシングの内部に漏れ出して連通孔を通して発電電動機ケーシングの内部に流入する低温の蒸気で冷却できるだけでなく、高温の発電電動機ケーシングと低温の膨張機ケーシングとの結合により、膨張機ケーシングからの熱逃げを最小限に抑えて膨張機の効率を高めることができる。特に、膨張機が容積型であるため、その膨張室からの漏れ蒸気は比較的に低温低圧となり、発電電動機を効果的に冷却することができる。

また本発明の第2の特徴によれば、前記第1の特徴に加えて、前記連通孔は膨張機ケーシングおよび発電電動機ケーシングの内部空間の上部を連通させることを特徴とする発電電動置が提案される。

5 上記構成によれば、膨張機ケーシングおよび発電電動機ケーシングの内部空間の上部を連通孔で連通させたので、膨張機ケーシング内のオイルが発電電動機ケーシング内に浸入するのを阻止しながら、蒸気だけを発電電動機ケーシング内に導入することができる。

(j) 10 また本発明の第3の特徴によれば、前記第1の特徴に加えて、膨張機ケーシングおよび発電電動機ケーシングの下部に、発電電動機ケーシング内に滞留した水およびオイルを膨張機ケーシングに戻す液体戻し通路を設けたことを特徴とする発電電動機装置が提案される。

上記構成によれば、膨張機ケーシングおよび発電電動機ケーシングの下部に液体戻し通路を設けたので、発電電動機ケーシング内に滞留した水およびオイルを膨張機ケーシングに戻して発電電動機の耐久性低下を防止することができる。

15 また本発明の第4の特徴によれば、前記第1の特徴に加えて、膨張機ケーシングに設けた出力軸支持部を覆うように発電電動機ケーシングを着脱自在に結合したことを特徴とする発電電動機装置が提案される。

() 20 上記構成によれば、膨張機ケーシングに電動機ケーシングを着脱自在に結合したので膨張機および発電電動機のメンテナンス性が向上し、また発電電動機ケーシングが膨張機ケーシングに設けた出力軸支持部を覆うので、発電電動機の熱を膨張機に効率的に伝達することができる。

25 また本発明の第5の特徴によれば、前記第1の特徴に加えて、発電電動機は出力軸の軸端に固定されたロータを備え、ロータの外周面に永久磁石を支持することで形成されたロータの凹部に、出力軸の軸端を膨張機ケーシングに片持ち支持するベアリングを収納したことを特徴とする発電電動機装置が提案される。

上記構成によれば、膨張機の出力軸の軸端に固定された発電電動機のロータは、永久磁石を表面に支持したことで凹部を有することができ、その凹部に出力軸の軸端を膨張機ケーシングに片持ち支持するベアリングを収納したので、発電電動機ケーシングに出力軸を支持するベアリングを設ける必要がなくなり、その結果

として部品点数の削減および発電電動機の軸方向寸法の小型化が可能となる。また前記ベアリングの廃止により膨張機ケーシング内にオイルを収納する必要がなくなり、オイルによる発電電動機の耐久性低下を防止することができる。

尚、実施例のケーシング 1 1 およびケーシング 1 1 1 はそれぞれ本発明の膨張機ケーシングおよび発電電動機ケーシングに対応し、実施例の前部カバー 1 5、ポンプハウジング 1 0 2 およびポンプカバー 1 0 4 は本発明の出力軸支持部に対応し、実施例のボールベアリング 1 0 5 は本発明のベアリングに対応する。

図面の簡単な説明

図 1 ～図 1 5 は本発明の一実施例を示すもので、図 1 は発電電動機を備えた膨張機の外形を示す図、図 2 は図 1 の A 部拡大図、図 3 は図 1 の B 部拡大図、図 4 は図 2 の 4 - 4 線断面図、図 5 は図 3 の 5 - 5 線断面図、図 6 は図 2 の 6 部拡大図、図 7 は図 2 の 7 部拡大図、図 8 はロータの分解斜視図、図 9 は図 6 の 9 - 9 線断面図、図 1 0 は図 6 の 1 0 - 1 0 線断面図、図 1 1 は図 6 の 1 1 部拡大図、図 1 2 は図 7 の 1 2 - 1 2 線断面図、図 1 3 は図 7 の 1 3 - 1 3 線断面図、図 1 4 は図 7 の 1 4 - 1 4 線断面図、図 1 5 は図 7 の 1 5 - 1 5 線断面である。

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の実施の形態を、添付図面に示した本発明の実施例に基づいて説明する。

図 1 ～図 1 5 は本発明の一実施例を示すものである。

図 1 ～図 1 1 に示すように、本実施例の膨張機 E は例えばランキンサイクル装置に使用されるもので、作動媒体としての高温高圧蒸気の断熱膨張により機械仕事を出力する。膨張機 E のケーシング 1 1 は、ケーシング本体 1 2 と、ケーシング本体 1 2 の前面開口部にシール部材 1 3 を介して複数本のボルト 1 4 …で結合される前部カバー 1 5 と、ケーシング本体 1 2 の後面開口部にシール部材 1 6 を介して複数本のボルト 1 7 …で結合される後部カバー 1 8 と、ケーシング本体 1 2 の下面開口部にシール部材 1 9 を介して複数本のボルト 2 0 …で結合されるオイルパン 2 1 と、前部カバー 1 5 の前面に複数本のボルト 1 0 1 …で結合されるポンプハウジング 1 0 2 と、ポンプハウジング 1 0 2 の前面に複数本のボルト 1 0 3 …で結合されるポンプカバー 1 0 4 とで構成される。

ケーシング 11 の中央を前後方向に延びる軸線 L まわりに回転可能に配置されたロータ 22 は、その前部を前部カバー 15 およびポンプハウジング 102 に設けたボールベアリング 23、23 と、ポンプカバー 104 に設けたボールベアリング 105 とによって支持され、その後部をケーシング本体 12 に設けたボールベアリング 24 によって支持される。前部カバー 15 の後面に斜板ホルダ 28 が
 5 一体に形成されており、この斜板ホルダ 28 にアンギュラボールベアリング 30 を介して斜板 31 が回転自在に支持される。斜板 31 の軸線は前記ロータ 22 の軸線 L に対して傾斜しており、その傾斜角は固定である。

ロータ 22 は、出力軸 32 と、出力軸 32 の後部に相互に所定幅の切欠 57、
 10 58（図 6 および図 11 参照）を介して一体に形成された 3 個のスリーブ支持フランジ 33、34、35 と、後側のスリーブ支持フランジ 35 にメタルガスケット 36 を介して複数本のボルト 37…で結合され、前記ボールベアリング 24 でケーシング本体 12 に支持されたロータヘッド 38 と、3 個のスリーブ支持フランジ 33、34、35 に前方から嵌合して複数本のボルト 39…で前側のスリーブ支持フランジ 33 に結合された断熱カバー 40 とを備える。
 15

3 個のスリーブ支持フランジ 33、34、35 には各々 5 個のスリーブ支持孔 33a…、34a…、35a…が軸線 L まわりに 72° 間隔で形成されており、それらのスリーブ支持孔 33a…、34a…、35a…に 5 本のシリンダスリーブ 41…が後方から嵌合する。各々のシリンダスリーブ 41 の後端にはフランジ 41a が形成されており、このフランジ 41a が後側のスリーブ支持フランジ 35 のスリーブ支持孔 35a に形成した段部 35b に嵌合した状態でメタルガスケット 36 に当接して軸方向に位置決めされる（図 11 参照）。各々のシリンダスリーブ 41 の内部にピストン 42 が摺動自在に嵌合しており、ピストン 42 の前端は斜板 31 に形成したディンプル 31a に当接するとともに、ピストン 42 の
 20 後端とロータヘッド 38 との間に蒸気の膨張室 43 が区画される。

ロータ 22 と一体の出力軸 32 内部に軸線 L 上に延びるオイル通路 32a が形成されており、このオイル通路 32a の前端は径方向に分岐して出力軸 32 の外周の環状溝 32b に連通する。ロータ 22 の中央のスリーブ支持フランジ 34 の径方向内側位置において、前記オイル通路 32a の内周にシール部材 44 を介し

てオイル通路閉塞部材 4 5 が螺合しており、その近傍のオイル通路 3 2 a から径方向外側に延びる複数のオイル孔 3 2 c …が出力軸 3 2 の外周面に開口する。

ポンプハウジング 1 0 2 の前面に形成した凹部 1 0 2 a と、ポンプハウジング 1 0 2 の前面にシール部材 4 6 を介してボルト 1 0 3 …で固定したポンプカバー 1 0 4 との間に配置されたトロコイド型のオイルポンプ 4 9 は、前記凹部 1 0 2 a に回転自在に嵌合するアウターロータ 5 0 と、出力軸 3 2 の外周に固定されてアウターロータ 5 0 に嚙合するインナーロータ 5 1 とを備える。オイルパン 2 1 の内部空間はポンプハウジング 1 0 2、前部カバー 1 5、ケーシング本体 1 2 およびオイルパン 2 1 に形成したオイル通路 1 0 6 を介してオイルポンプ 4 9 の吸入ポート 5 3 に連通し、オイルポンプ 4 9 の吐出ポート 5 4 はポンプハウジング 1 0 2 のオイル通路 1 0 2 b を介して出力軸 3 2 の環状溝 3 2 b に連通する。

シリンダスリーブ 4 1 に摺動自在に嵌合するピストン 4 2 はエンド部 6 1、中間部 6 2 およびトップ部 6 3 からなる。エンド部 6 1 は斜板 3 1 のディンプル 3 1 a に当接する球面部 6 1 a を有する部材であって、中間部 6 2 の先端に溶接で結合される。中間部 6 2 は大容積の中空空間 6 2 a を有する円筒状の部材であって、トップ部 6 3 に近い外周部に直径が僅かに減少した小径部 6 2 b を有しており、そこを半径方向に貫通するように複数のオイル孔 6 2 c …が形成されるとともに、小径部 6 2 b よりも前方の外周部に複数本の螺旋状のオイル溝 6 2 d …が形成される。膨張室 4 3 に臨むトップ部 6 3 は中間部 6 2 と一体に形成されており、その内面に形成された隔壁 6 3 a と、その後端面に嵌合して溶接された蓋部材 6 4 との間に断熱空間 6 5 (図 1 1 参照) が形成される。トップ部 6 3 の外周には 2 本の圧縮リング 6 6、6 6 と 1 本のオイルリング 6 7 とが装着されており、オイルリング 6 7 が嵌合するオイルリング溝 6 3 b は複数のオイル孔 6 3 c …を介して中間部 6 2 の中空空間 6 2 a に連通する。

ピストンのエンド部 6 1 および中間部 6 2 は高炭素鋼製、トップ部 6 3 はステンレス製であり、そのうちエンド部 6 1 には高周波焼入れが、中間部 6 2 には焼入れが施される。その結果、斜板 3 1 に大きな面圧で当接するエンド部 6 1 の耐高面圧性と、厳しい潤滑条件でシリンダスリーブ 4 1 に摺接する中間部 6 2 の耐摩耗性と、膨張室 4 3 に臨んで高温高圧に晒されるトップ部 6 3 の耐熱・耐蝕性

とが満たされる。

シリンダスリーブ 4 1 の中間部外周に環状溝 4 1 b (図 8 および図 1 1 参照) が形成されており、この環状溝 4 1 b に複数のオイル孔 4 1 c … が形成される。シリンダスリーブ 4 1 の回転方向の取付位置に関わらず、出力軸 3 2 に形成した
5 オイル孔 3 2 c … と、ロータ 2 2 の中央のスリーブ支持フランジ 3 4 に形成したオイル孔 3 4 b … (図 6 および図 8 参照) とが環状溝 4 1 b に連通する。ロータ 2 2 の前側および後側のスリーブ支持フランジ 3 3, 3 5 と断熱カバー 4 0 との間に形成された空間 6 8 は、断熱カバー 4 0 に形成したオイル孔 4 0 a … (図 6 および図 9 参照) を介してケーシング 1 1 の内部空間に連通する。

10 ロータ 2 2 の前側のスリーブ支持フランジ 3 3 の後面にボルト 3 7 … で結合されたロータヘッド 3 8 の前側もしくは膨張室 4 3 … 側に環状の蓋部材 6 9 が溶接されており、蓋部材 6 9 の背面もしくは後面に環状の断熱空間 7 0 (図 1 1 参照) が区画される。ロータヘッド 3 8 はノックピン 5 5 により後側のスリーブ支持フランジ 3 5 に対して回転方向に位置決めされる。

15 尚、5 個のシリンダスリーブ 4 1 … と 5 個のピストン 4 2 … とは本発明のアキシャルピストンシリンダ群 5 6 を構成する。

次に、ロータ 2 2 の 5 個の膨張室 4 3 … に蒸気を供給・排出するロータリバルブ 7 1 の構造を、図 7 および図 1 2 ~ 図 1 5 に基づいて説明する。

() 図 7 に示すように、ロータ 2 2 の軸線 L に沿うように配置されたロータリバルブ 7 1 は、バルブ本体部 7 2 と、固定側バルブプレート 7 3 と、可動側バルブプレート 7 4 とを備える。可動側バルブプレート 7 4 は、ロータ 2 2 の後面にノックピン 7 5 で回転方向に位置決めされた状態で、オイル通路閉塞部材 4 5 (図 6 参照) に螺合するボルト 7 6 で固定される。尚、ボルト 7 6 はロータヘッド 3 8 を出力軸 3 2 に固定する機能も兼ね備えている。

25 図 7 から明らかなように、可動側バルブプレート 7 4 に平坦な摺動面 7 7 を介して当接する固定側バルブプレート 7 3 は、バルブ本体部 7 2 の前面の中心に 1 本のボルト 7 8 で固定されるとともに、バルブ本体部 7 2 の外周部に環状の固定リング 7 9 および複数本のボルト 8 0 で固定される。その際に、固定リング 7 9 の内周に形成した段部 7 9 a が固定側バルブプレート 7 3 の外周にインロウ嵌合

するように圧入され、かつ固定リング 7 9 の外周に形成した段部 7 9 b がバルブ本体部 7 2 の外周にインロウ嵌合することで、バルブ本体部 7 2 に対する固定側バルブプレート 7 3 の同軸性が確保される。またバルブ本体部 7 2 と固定側バルブプレート 7 3 との間に、固定側バルブプレート 7 3 を回転方向に位置決めする
5 ノックピン 8 1 が配置される。

従って、ロータ 2 2 が回転すると、可動側バルブプレート 7 4 および固定側バルブプレート 7 3 は摺動面 7 7 において相互に密着しながら相対回転する。固定側バルブプレート 7 3 および可動側バルブプレート 7 4 は、カーボンやセラミックス等の耐久性に優れた材質で構成されており、更にまたその摺動面 7 7 に耐熱性、潤滑性、耐蝕性、耐摩耗性を有する部材を介在させたりコーティングしたりすれば更に耐久性を向上できる。
10

ステンレス製のバルブ本体部 7 2 は、大径部 7 2 a および小径部 7 2 b を備えた段付き円柱状の部材であって、その大径部 7 2 a および小径部 7 2 b の外周面が、それぞれシール部材 8 2, 8 3 を介して後部カバー 1 8 の円形断面の支持面
15 1 8 a, 1 8 b に軸線 L 方向に摺動自在に嵌合し、バルブ本体部 7 2 の外周面に植設したピン 8 4 が後部カバー 1 8 に軸線 L 方向に形成した切欠 1 8 c に嵌合することで回転方向に位置決めされる。後部カバー 1 8 に軸線 L を囲むように複数個のプリロードスプリング 8 5 … が支持されており、これらプリロードスプリング 8 5 … に大径部 7 2 a および小径部 7 2 b 間の段部 7 2 c を押圧されたバルブ
() 本体部 7 2 は、固定側バルブプレート 7 3 および可動側バルブプレート 7 4 の摺動面 7 7 を密着させるべく前方に向けて付勢される。
20

バルブ本体部 7 2 の後面に接続された蒸気供給パイプ 8 6 は、バルブ本体部 7 2 の内部に形成した第 1 蒸気通路 P 1 と、固定側バルブプレート 7 3 に形成した第 2 蒸気通路 P 2 とを介して摺動面 7 7 に連通する。またケーシング本体 1 2 および後部カバー 1 8 とロータ 2 2 との間にはシール部材 8 7 でシールされた蒸気
25 排出室 8 8 が形成されており、この蒸気排出室 8 8 はバルブ本体部 7 2 の内部に形成した第 6、第 7 蒸気通路 P 6, P 7 と、固定側バルブプレート 7 3 に形成した第 5 蒸気通路 P 5 とを介して摺動面 7 7 に連通する。バルブ本体部 7 2 と固定側バルブプレート 7 3 との合わせ面には、第 1、第 2 蒸気通路 P 1, P 2 の接続

部を囲むシール部材 8 9 と、第 5、第 6 蒸気通路 P 5、P 6 の接続部を囲むシール部材 9 0 とが設けられる。

軸線 L を囲むように等間隔で配置された 5 個の第 3 蒸気通路 P 3 … が可動側バルブプレート 7 4 を貫通しており、軸線 L を囲むようにロータ 2 2 に形成された 5 個の第 4 蒸気通路 P 4 … の両端が、それぞれ前記第 3 蒸気通路 P 3 … および前記膨張室 4 3 … に連通する。第 2 蒸気通路 P 2 の摺動面 7 7 に開口する部分は円形であるのに対し、第 5 蒸気通路 P 5 の摺動面 7 7 に開口する部分は軸線 L を中心とする円弧状に形成される。

次に、膨張機 E に結合される発電電動機 MG の構造を説明する。

図 2 および図 3 から明らかなように、直流ブラシレス型の発電電動機 MG のケーシング 1 1 1 は、概略円筒状のケーシング本体 1 1 2 と概略円板状のカバープレート 1 1 3 とから構成される。ケーシング本体 1 1 2 の後端にはフランジ 1 1 2 a および環状凸部 1 1 2 b が形成されており、環状凸部 1 1 2 b がシール部材 1 1 4 を介して膨張機 E のケーシング 1 1 の前部カバー 1 5 の内周面にインロウ嵌合し、同軸性を確保した状態でフランジ 1 1 2 a を貫通する前記ボルト 1 4 … によって前部カバー 1 5 の前面に共締めされる。またケーシング本体 1 1 2 の前端にシール部材 1 1 5 を介して嵌合するカバープレート 1 1 3 が複数本のボルト 1 1 6 … で固定される。

発電電動機 MG のロータ 1 1 7 は、出力軸 3 2 の軸端にキー 1 1 8 およびナット 1 1 9 で固定されたロータ本体 1 2 0 と、ロータ本体 1 2 0 の外周に固定された複数の永久磁石 1 2 1 … とを備える。ロータ 1 1 7 の外周面に対向するステータ 1 2 2 は、ケーシング本体 1 1 2 の内周面に圧入されたヨーク 1 2 3 と、ヨーク 1 2 3 に巻かれた複数の集中巻型のコイル 1 2 4 … とを備える。永久磁石 1 2 1 … にはネオジム (N e F e B) 磁石のような強力なものが使用され、ニッケルやクロムでメッキ処理したり、樹脂でコーティングしたりして耐蝕性が高められる。またステータ 1 2 2 はワニスを含浸することで耐蝕性および絶縁性が高められる。尚、ステータ 1 2 2 を樹脂モールドすれば、冷却性も向上する。

発電電動機 MG のロータ 1 1 7 を支持する出力軸 3 2 の軸端部は、ポンプカバー 1 0 4 に設けた前記ボールベアリング 1 0 5 によって片持ち支持されており、

発電電動機MGのケーシング111には出力軸32を支持するベアリングが設けられていない。ロータ本体120の外周面に永久磁石121…を支持したことによりロータ本体120の後面に凹部120aを形成することができ、この凹部120aにポンプハウジング102の前部およびポンプカバー104が収納される。

5 このように、ロータ本体120の凹部120aにポンプハウジング102の前部およびポンプカバー104を収納し、かつ出力軸32をボールベアリング105で片持ち支持したことにより、発電電動機MGの軸線L方向の寸法を小型化することができる。仮に、発電電動機MGのケーシング111にベアリングを設けたとすると、そのベアリングの分だけ寸法およびフリクションが増加し、しかも
10 ケーシング111の内部にオイルを収納する必要があるため、そのオイルによって発電電動機MGの材料劣化が懸念される。しかしながら、本実施例では発電電動機MGのケーシング111にベアリングを設ける必要がないため、上記問題が解決される。

また発電電動機MGに出力密度が大きい直流ブラシレス型のものを採用したことにより、直流ブラシ型のものや誘導型のものに比べて寸法を小型化することができる。更に発電電動機MGのステータ122のコイル124…の巻線形式を集中巻型としたので、分布巻型のものを採用した場合に比べてコイルエンドを短くしてコイル124…の小型化を図ることができ、しかも出力に寄与しないコイル
() エンドの巻線が短くなるため銅損が減少して効率が高くなる。更にまた、発電電動機MGはマグネットカップリングやキャンを用いない内蔵密閉型であるため、
20 高効率でありながら小型化が可能である。

ケーシング本体112の前部に円環状の回転センサホルダ125がインロウ嵌合して半径方向に位置決めされ、かつノックピン126で回転方向に位置決めされた状態で複数本のボルト127…で固定される。回転センサホルダ125の中心に形成された開口125aと、その開口125aを貫通する出力軸32の軸端との間に、該出力軸32の回転を検出する回転センサ128が設けられる。回転センサ128のリード線129は、シール機能を有するハーメチックシール130を介してカバープレート113の外部に導かれる。

膨張機Eのケーシング11の内部空間および発電電動機MGのケーシング11

1の内部空間は大気に対して隔絶されているので、膨張機Eのケーシング11および発電電動機MGのケーシング111の内部の蒸気が外部に漏れるのを防止することができ、また外気が両ケーシング11, 111の内部の蒸気やオイルに混入するのを防止することができる。

- 5 膨張機Eのケーシング11の内部空間から発電電動機MGのケーシング111の内部空間に延びる出力軸32の外周部は、ポンプカバー104に設けたシール部材131によってシールされている。そのため、膨張機Eのケーシング11の内部空間および発電電動機MGのケーシング111の内部空間は基本的に隔絶されているが、膨張機Eの前部カバー15の上部に形成した連通孔15aによって
10 両内部空間が相互に連通する。また発電電動機MGのケーシング本体112の下部に設けた溝112cおよび連通孔112dと、オイルパン21の下部に設けた連通孔21aとがパイプ部材よりなる液体戻し通路132を介して相互に連通する。

次に、上記構成を備えた実施例の作用を説明する。

- 15 蒸発器で水を加熱して発生した高温高圧蒸気は蒸気供給パイプ86からロータリバルブ71のバルブ本体部72に形成した第1蒸気通路P1と、このバルブ本体部72と一体の固定側バルブプレート73に形成した第2蒸気通路P2とを経て、可動側バルブプレート74との摺動面77に達する。そして摺動面77に開口する第2蒸気通路P2はロータ22と一体に回転する可動側バルブプレート7
() 4に形成した対応する第3蒸気通路P3に所定の吸気期間において瞬間的に連通し、高温高圧蒸気は第3蒸気通路P3からロータ22に形成した第4蒸気通路P4を経てシリンダスリーブ41内の膨張室43に供給される。

- ロータ22の回転に伴って第2蒸気通路P2および第3蒸気通路P3の連通が絶たれた後も膨張室43内で高温高圧蒸気が膨張することで、シリンダスリーブ
25 41に嵌合するピストン42が上死点から下死点に向けて前方に押し出され、その前端のエンド部61が斜板31のディンプル31aを押圧する。その結果、ピストン42が斜板31から受ける反力でロータ22に回転トルクが与えられる。そしてロータ22が5分の1回転する毎に、相隣り合う新たな膨張室43内に高温高圧蒸気が供給されてロータ22が連続的に回転駆動される。

ロータ 2 2 の回転に伴って下死点に達したピストン 4 2 が斜板 3 1 に押圧されて上死点に向かって後退する間に、膨張室 4 3 から押し出された低温低圧蒸気は、ロータ 2 2 の第 4 蒸気通路 P 4 と、可動側バルブプレート 7 4 の第 3 蒸気通路 P 3 と、摺動面 7 7 と、固定側バルブプレート 7 3 の円弧状の第 5 蒸気通路 P 5 と、
5 バルブ本体部 7 2 の第 6、第 7 蒸気通路 P 6、P 7 とを経て蒸気排出室 8 8 に排出され、そこから凝縮器に供給される。

ロータ 2 2 の回転に伴って出力軸 3 2 に設けたオイルポンプ 4 9 が作動し、オイルパン 2 1 からオイル通路 1 0 6 および吸入ポート 5 3 を経て吸入されたオイルが吐出ポート 5 4 から吐出され、ポンプハウジング 1 0 2 のオイル通路 1 0 2
10 b、出力軸 3 2 の環状溝 3 2 b、出力軸 3 2 のオイル通路 3 2 a、出力軸 3 2 のオイル孔 3 2 c…、シリンダスリーブ 4 1 の環状溝 4 1 b およびシリンダスリーブ 4 1 のオイル孔 4 1 c…を経て、ピストン 4 2 の中間部 6 2 に形成した小径部 6 2 b とシリンダスリーブ 4 1 との間の空間に供給される。そして前記小径部 6 2 b に保持されたオイルの一部は、ピストン 4 2 の中間部 6 2 に形成した螺旋状
15 のオイル溝 6 2 d…に流れてシリンダスリーブ 4 1 との摺動面を潤滑し、また前記オイルの他の一部はピストン 4 2 のトップ部 6 3 に設けた圧縮リング 6 6、6 6 およびオイルリング 6 7 とシリンダスリーブ 4 1 との摺動面を潤滑する。

() 供給された高温高圧蒸気の一部が凝縮した水が内部に生じた膨張室 4 3 からシリンダスリーブ 4 1 およびピストン 4 2 の摺動面に浸入してオイルに混入することは避けられず、そのために前記摺動面の潤滑条件は厳しいものとなるが、必要
20 量のオイルをオイルポンプ 4 9 から出力軸 3 2 の内部を通してシリンダスリーブ 4 1 およびピストン 4 2 の摺動面に直接供給することで、十分な油膜を維持して潤滑性能を確保するとともにオイルポンプ 4 9 の小型化を図ることができる。

シリンダスリーブ 4 1 およびピストン 4 2 の摺動面からオイルリング 6 7 によって掻き取られたオイルは、オイルリング溝 6 3 b の底部に形成したオイル孔 6 3 c…からピストン 4 2 の内部の中空空間 6 2 a に流入する。前記中空空間 6 2 a はピストン 4 2 の中間部 6 2 を貫通する複数のオイル孔 6 2 c…を介してシリンダスリーブ 4 1 の内部に連通しており、かつシリンダスリーブ 4 1 の内部は複数のオイル孔 4 1 c…を介して該シリンダスリーブ 4 1 の外周の環状溝 4 1 b に
25

連通している。環状溝 4 1 b の周囲はロータ 2 2 の中央のスリーブ支持フランジ 3 4 によって覆われているが、スリーブ支持フランジ 3 4 にはオイル孔 3 4 b が形成されているため、ピストン 4 2 の中空空間 6 2 a 内のオイルは遠心力で半径方向外側に付勢され、スリーブ支持フランジ 3 4 のオイル孔 3 4 b を通して断熱カバ
 5 ー 4 0 内の空間 6 8 に排出され、そこから断熱カバ ー 4 0 のオイル孔 4 0 a …を通してオイルパン 2 1 に戻される。その際に、前記オイル孔 3 4 b はスリーブ支持フランジ 3 4 の半径方向外端よりも軸線 L 寄りに偏倚した位置にあるため、そのオイル孔 3 4 b よりも半径方向外側にあるオイルは遠心力でピストン 4 2 の中空空間 6 2 a に保持される。

10 このように、ピストン 4 2 の内部の中空空間 6 2 a に保持されたオイルとピストン 4 2 の外周の小径部 6 2 b とに保持されたオイルとは、膨張室 4 3 の容積が増加する膨張行程において前記小径部 6 2 b からトップ部 6 3 側に供給され、また膨張室 4 3 の容積が減少する圧縮行程において前記小径部 6 2 b からエンド部 6 1 側に供給されるため、ピストン 4 2 の軸方向全域を確実に潤滑することができる。またピストン 4 2 の中空空間 6 2 a の内部でオイルが流動することで、高
 15 温高圧蒸気に晒されるトップ部 6 3 の熱を低温のエンド部 6 1 に伝えてピストン 4 2 の温度が局部的に上昇するのを回避することができる。

第 4 蒸気通路 P 4 から高温高圧蒸気が膨張室 4 3 に供給されたとき、膨張室 4
 () 3 に臨むピストン 4 2 のトップ部 6 3 と中間部 6 2 との間には断熱空間 6 5 が形成されており、また膨張室 4 3 に臨むロータヘッド 3 8 にも断熱空間 7 0 が形成
 20 されているため、膨張室 4 3 からピストン 4 2 およびロータヘッド 3 8 への熱逃げを最小限に抑えて膨張機 E の性能向上に寄与することができる。またピストン 4 2 の内部に大容積の中空空間 6 2 a を形成したので、ピストン 4 2 の重量を低減することができるだけでなく、ピストン 4 2 の熱マスを減少させて膨張室 4 3
 25 からの熱逃げを更に効果的に低減することができる。

後側のスリーブ支持フランジ 3 5 とロータヘッド 3 8 との間にメタルガスケット 3 6 を介在させて膨張室 4 3 をシールしたので、肉厚の大きい環状のシール部材を介して膨張室 4 3 をシールする場合に比べて、シールまわりの無駄ボリュームを減らすことができ、これにより膨張機 E の容積比（膨張比）を大きく確保し、

熱効率を高めて出力の向上を図ることができる。またシリンダスリーブ41をロータ22と別体で構成したので、ロータ22の材質に制約されずに熱伝導性、耐熱性、強度、耐摩耗性等を考慮してシリンダスリーブ41の材質を選択することができ、しかも摩耗・損傷したシリンダスリーブ41だけを交換することができるので経済的である。

またロータ22の外周面に円周方向に形成した2個の切欠57、58からシリンダスリーブ41の外周面が露出するので、ロータ22の重量を軽減できただけでなく、ロータ22の熱マスを減少させて熱効率の向上を図ることができ、しかも前記切欠57、58を断熱空間として機能させることでシリンダスリーブ41からの熱逃げを抑制することができる。更に、ロータ22の外周部を断熱カバー40で覆ったので、シリンダスリーブ41からの熱逃げを一層効果的に抑制することができる。

ロータリバルブ71は固定側バルブプレート73および可動側バルブプレート74間の平坦な摺動面77を介してアキシャルピストンシリンダ群56に蒸気を供給・排出するので、蒸気のリークを効果的に防止することができる。なぜならば、平坦な摺動面77は高精度の加工が容易なため、円筒状の摺動面に比べてクリアランスの管理が容易であるからである。しかも複数本のプリロードスプリング85…でバルブ本体部72にプリセット荷重を与えて固定側バルブプレート73および可動側バルブプレート74の摺動面77に面圧を発生させるので、摺動面77からの蒸気のリークを一層効果的に抑制することができる。

またロータリバルブ71のバルブ本体部72が熱膨張係数の大きいステンレス製であり、このバルブ本体72に固定される固定側バルブプレート73が熱膨張係数の小さいカーボン製あるいはセラミックス製であるため、熱膨張係数の差によって両者間のセンタリングがずれる可能性があるが、固定リング79の内周の段部79aを固定側バルブプレート73の外周に圧入によりインロウ嵌合させ、かつ固定リング79の外周の段部79bをバルブ本体部72の外周にインロウ嵌合させた状態で、固定リング79を複数本のボルト80…でバルブ本体部72に固定したので、インロウ嵌合の調芯作用により固定側バルブプレート73をバルブ本体部72に対して精密にセンタリングし、蒸気の供給・排出タイミングのず

れを防止して膨張機Eの性能低下を防止することができる。しかもボルト80…の締結力で固定側バルブプレート73とバルブ本体部72との当接面を均一に密着させ、その当接面からの蒸気の漏れを抑制することができる。

更に、後部カバー18をケーシング本体12から取り外すだけで、ケーシング
5 本体12に対してロータリバルブ71を着脱することができるので、修理、清掃、交換等のメンテナンス作業性が大幅に向上する。また高温高圧蒸気が通過するロータリバルブ71は高温になるが、オイルによる潤滑が必要な斜板31や出力軸32がロータ22を挟んでロータリバルブ71の反対側に配置されるので、高温となるロータリバルブ71の熱でオイルが加熱されて斜板31や出力軸32の潤滑性能が低下するのを防止することができる。またオイルはロータリバルブ71
10 を冷却して過熱を防止する機能も発揮する。

上述のようにして、高温高圧蒸気の断熱膨張作用で膨張機Eの出力軸32が回転すると、出力軸32に接続された発電電動機MGを発電機として機能させることで発電を行って図示せぬバッテリーを充電することができ、また前記バッテリーから電力を供給して発電電動機MGを電動機として機能させることで、膨張機Eの
15 出力軸32の回転をアシストすることができる。

発電電動機MGが発電機あるいは電動機として機能すると、そのコイル124…が発熱して高温となるため、何らかの手段で発電電動機MGを冷却する必要がある。本実施例では、発電電動機MGのケーシング111の内部温度が、膨張機
() Eの膨張室43…からケーシング11の内部に漏れ出した蒸気の温度よりも高温
20 になることに鑑み、前記漏れ蒸気で発電電動機MGを冷却するようになっている。即ち、膨張機Eのケーシング111の内部空間と発電電動機MGの内部空間とは大気に対して隔絶されているが、両内部空間は膨張機Eのケーシング11の前部カバー15に形成した連通孔15a（図3および図5参照）を介して相互に連通
25 しており、比較的低温の蒸気が連通孔15aを通過して膨張機Eのケーシング11の内部空間から発電電動機MGのケーシング111の内部空間に浸入し、高温の発電電動機MGを冷却する。発電電動機MGはそのケーシング111の表面が外気に接触することによっても冷却されるが、膨張機E側から供給される蒸気の比熱は空気の比熱よりも大きいため、蒸気による冷却効果は十分に期待できる。

また膨張機Eのケーシング11と発電電動機MGのケーシング111とは直接
接触しており、高温の膨張機Eのケーシング111で低温の発電電動機MGのケ
ーシング11の一部を覆うことで、また発電電動機MGを冷却して温度上昇した
蒸気が連通孔15aを介して発電電動機MG側に戻ることで、膨張機Eからの熱
逃げを抑制するとともに膨張機Eの積極的な加熱を図り、膨張機Eの効率向上に
寄与することができる。更に、前記連通孔15aが膨張機Eおよび発電電動機M
Gの内部空間の上部を連通させているので、膨張機E側の凝縮水やオイルが連通
孔15aを通過して発電電動機MG側に浸入するのを最小限に抑え、発電電動機M
Gの各部材が凝縮水やオイルにより劣化するのを抑制することができる。

特に、発電電動機MGのケーシング本体112が、膨張機Eの出力軸支持部で
ある前部カバー15、ポンプハウジング102およびポンプカバー104を覆う
ように結合されるため、膨張機Eからの熱逃げが一層効果的に抑制されるだけ
でなく、発電電動機MGのケーシング111内の無駄ボリュームを最小限に抑えて
膨張機Eおよび発電電動機MGの軸線L方向の寸法を小型化することができる。

また発電電動機MGはロータ117の外周をステータ122で覆ったインナーロ
ータ型のものであるため、高温になるステータ122とケーシング111との接
触面積を増加させて該ケーシング111からの放熱性を高めることができる。

しかも膨張機Eのケーシング11と発電電動機MGのケーシング111とが着
脱自在に結合されているため、発電電動機MGと膨張機Eとを分離して両者のメ
ンテナンスを容易に行うことができるだけでなく、組付性も向上する。また発電
電動機MGのカバープレート113および回転センサホルダ125がケーシング
111に対して軸線L方向に分離可能であるため、発電電動機MGの回転センサ
128やロータ117の交換作業やメンテナンスを容易に行うことができる。

尚、コイル124…の端部と回転センサホルダ125との間には、絶縁のため
の微小隙間が設けられる。この場合、隙間に絶縁シートを介在させれば、この隙
間を更に小さくすることができ、上述の発電電動機MGの軸線L方向の寸法を更
に小型化することができる。

ところで、膨張機Eの内部空間から発電電動機MGの内部空間に浸入する蒸気
には若干のオイルミストや水滴が混在しており、それらがオイルや水として発電

電動機MGのケーシング111の底部に滞留すると、発電電動機MGの各部材が劣化して耐久性が低下する虞がある。しかしながら本実施例では、前記オイルおよび水が、ケーシング本体112の溝112c、ケーシング本体112の連通孔112d、液体戻し通路132、オイルパン21の連通孔21aを経てオイルパン21の底部に戻されるため、発電電動機MGの耐久性低下が防止される。

発電電動機MGの永久磁石121…には保磁力が最も大きいネオジム磁石が使用されているが、高耐熱でないネオジム磁石が使用可能になったのは、発電電動機MGを蒸気により冷却して温度を低下させた結果である。仮に、発電電動機MGの冷却を行わないと高耐熱でないネオジム磁石は使用不能であり、高耐熱であるが保磁力小さいサマリウム-コバルト(SmCo)磁石を使用する必要がある、
10 発電電動機MGの性能を十分に発揮させることが難しくなる。

以上、本発明の実施例を説明したが、本発明はその要旨を逸脱しない範囲で種々の設計変更を行うことが可能である。

例えば、実施例ではランキンサイクル装置の膨張機Eを例示したが、本発明の
15 膨張機Eは他の任意の用途に適用可能である。

請求の範囲

1. 高温高圧蒸気の断熱膨張作用を機械仕事に変換する容積型の膨張機（E）の出力軸（32）に発電電動機（MG）を連結した発電電動機装置において、

5 オイルで潤滑される膨張機（E）を収納する膨張機ケーシング（11）と発電電動機（MG）を収納する発電電動機ケーシング（111）とを外気に対して密封状態で結合するとともに、膨張室（43）からの漏れ蒸気が存在する膨張機ケーシング（11）の内部空間と発電電動機ケーシング（111）の内部空間とを連通孔（15a）を介して連通させたことを特徴とする発電電動機装置。

10 2. 前記連通孔（15a）は膨張機ケーシング（11）および発電電動機ケーシング（111）の内部空間の上部を連通させることを特徴とする、請求項1に記載の発電電動機装置。

15 3. 膨張機ケーシング（11）および発電電動機ケーシング（111）の下部に、発電電動機ケーシング（111）内に滞留した水およびオイルを膨張機ケーシング（11）に戻す液体戻し通路（132）を設けたことを特徴とする、請求項1に記載の発電電動機装置。

() 4. 膨張機ケーシング（11）に設けた出力軸支持部（15, 102, 104）を覆うように発電電動機ケーシング（111）を着脱自在に結合したことを特徴とする、請求項1に記載の発電電動機装置。

20 5. 発電電動機（MG）は出力軸（32）の軸端に固定されたロータ（117）を備え、ロータ（117）の外周面に永久磁石（121）を支持することで形成されたロータ（117）の凹部（120a）に、出力軸（32）の軸端を膨張機ケーシング（11）に片持ち支持するベアリング（105）を収納したことを特徴とする、請求項1に記載の発電電動機装置。

要 約 書

ランキンサイクル装置の容積型の膨張機のケーシング（１５）に発電電動機（MG）のケーシング（１１１）を結合し、膨張機から発電電動機ケーシング（１１１）内に延びる出力軸（３２）の軸端に発電電動機（MG）のロータ（１１７）を支持する。膨張機の膨張室からの漏れ蒸気が存在する膨張機ケーシング（１５）の内部空間と、発電電動機ケーシング（１１１）の内部空間とを連通孔（１５a）を介して連通させることで、コイル（１２４）の発熱で高温になった発電電動機（MG）を連通孔（１５a）から浸入する漏れ蒸気で冷却し、また低温の膨張機ケーシング（１５）を高温の発電電動機ケーシング（１１１）で覆うことで、膨張機ケーシング（１５）からの熱逃げを最小限に抑えて膨張機の効率を高めることができる。これにより、容積型の膨張機に連結された発電電動機を効果的に冷却すると同時に、前記膨張機からの熱逃げを最小限に抑えて効率の向上を図ることができるようになる。

图 1

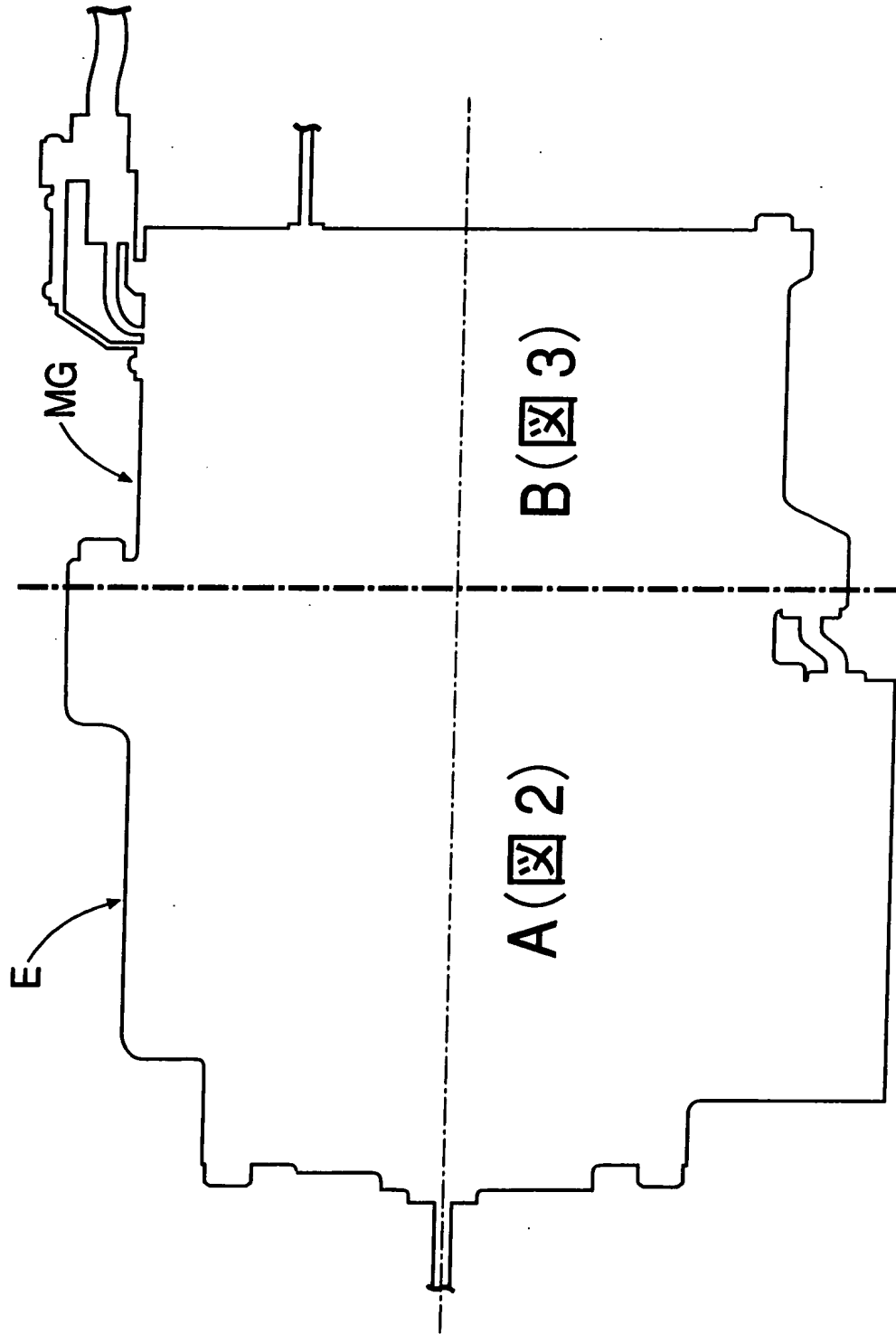


図 2

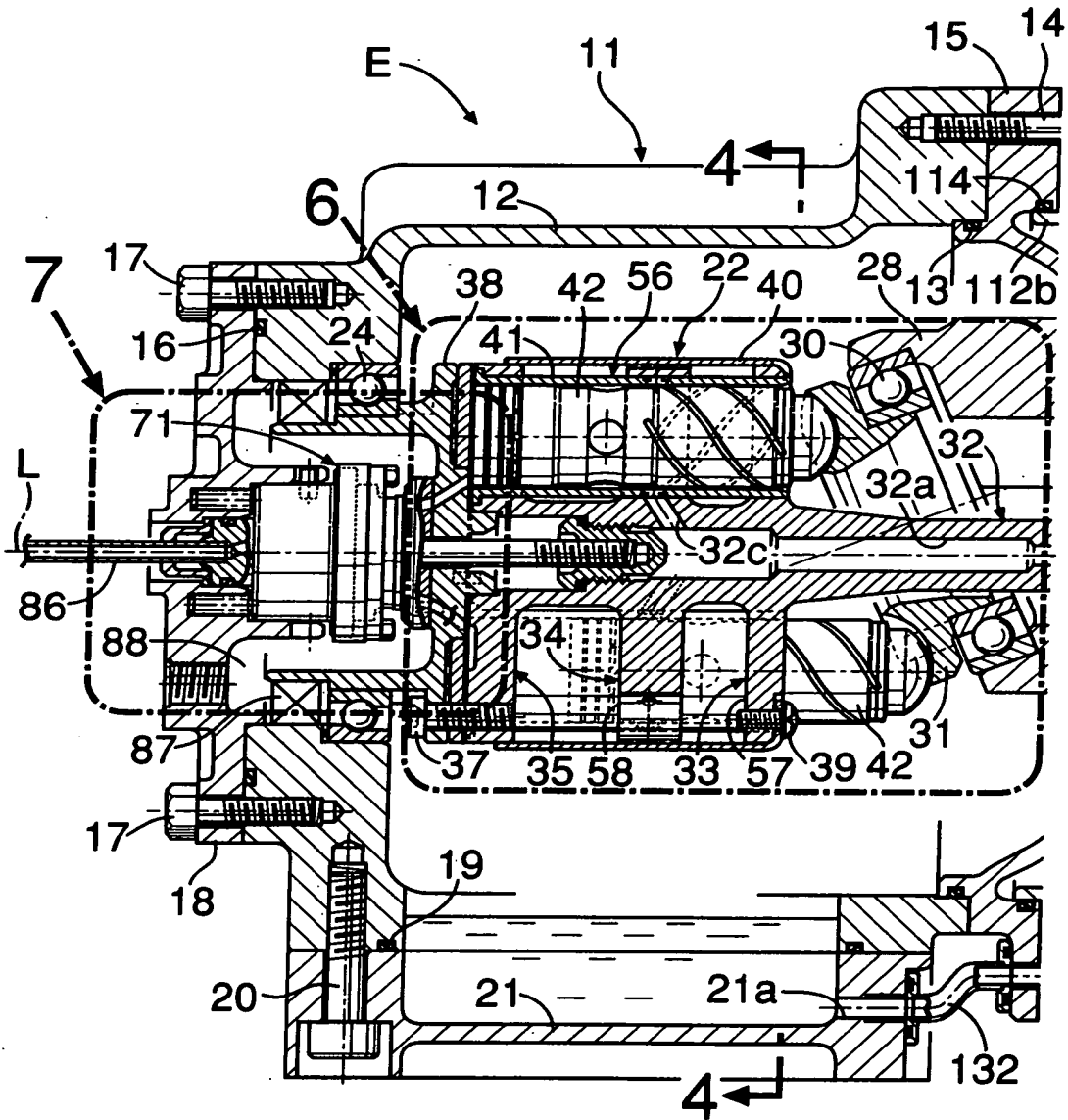


図 3

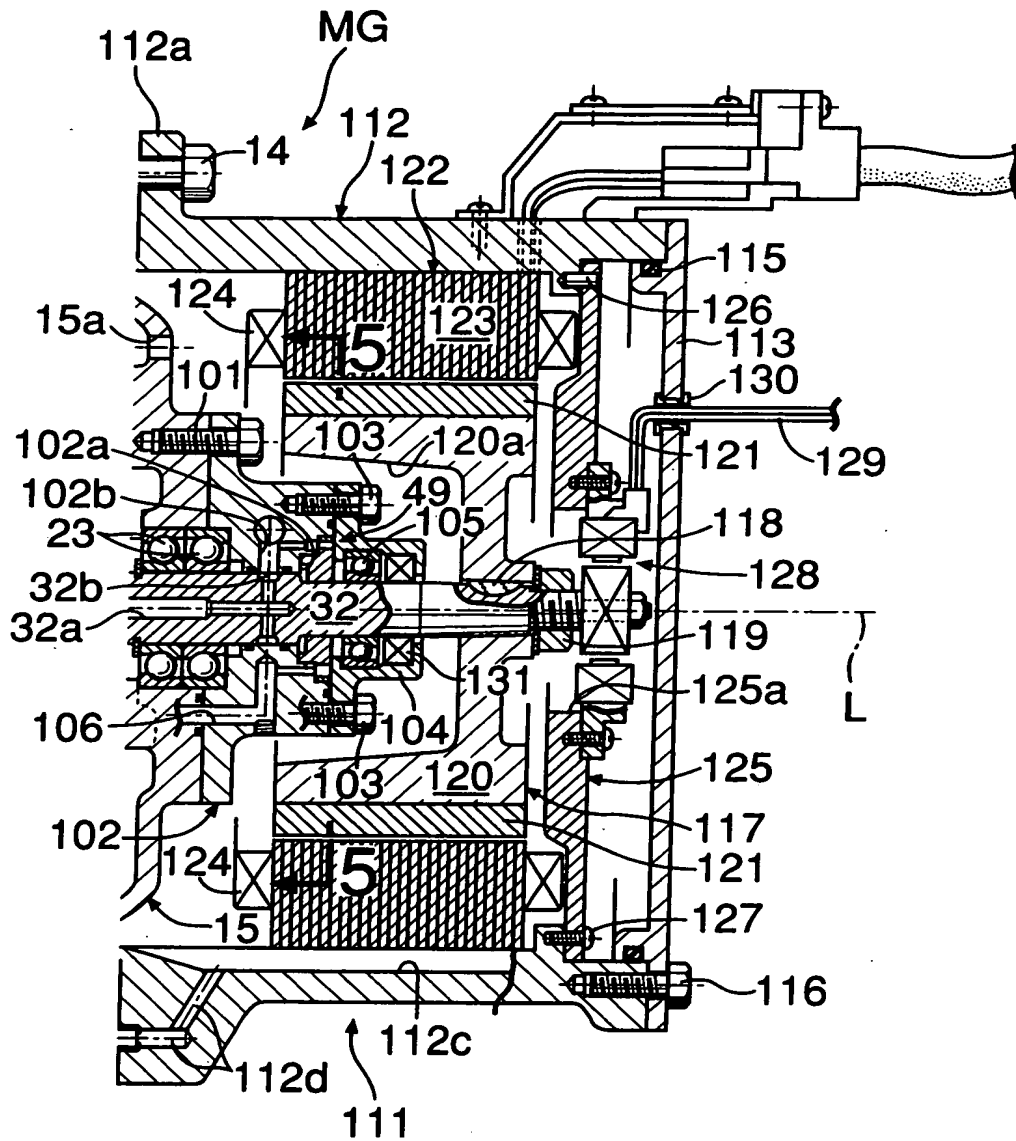


図 4

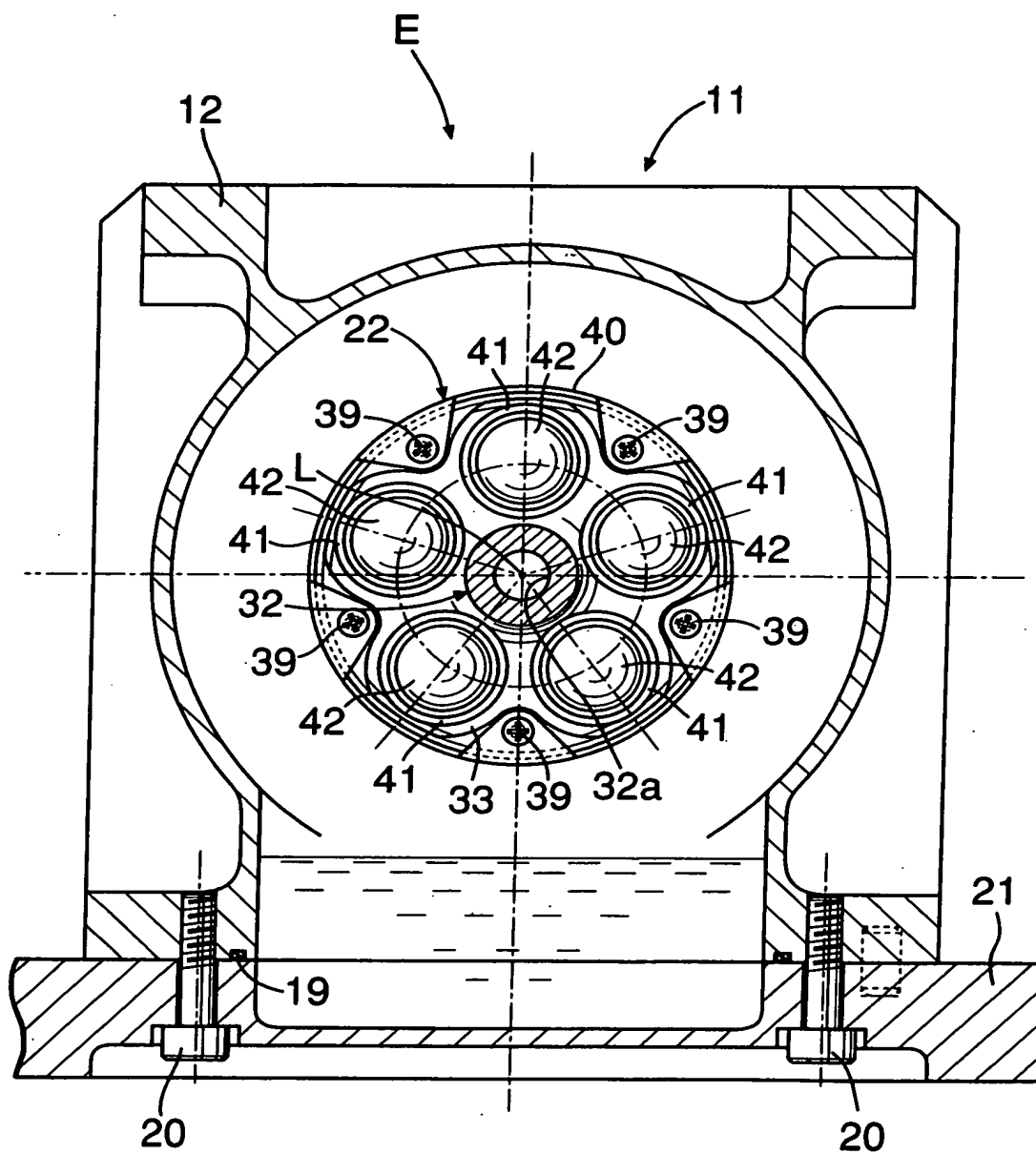


図 5

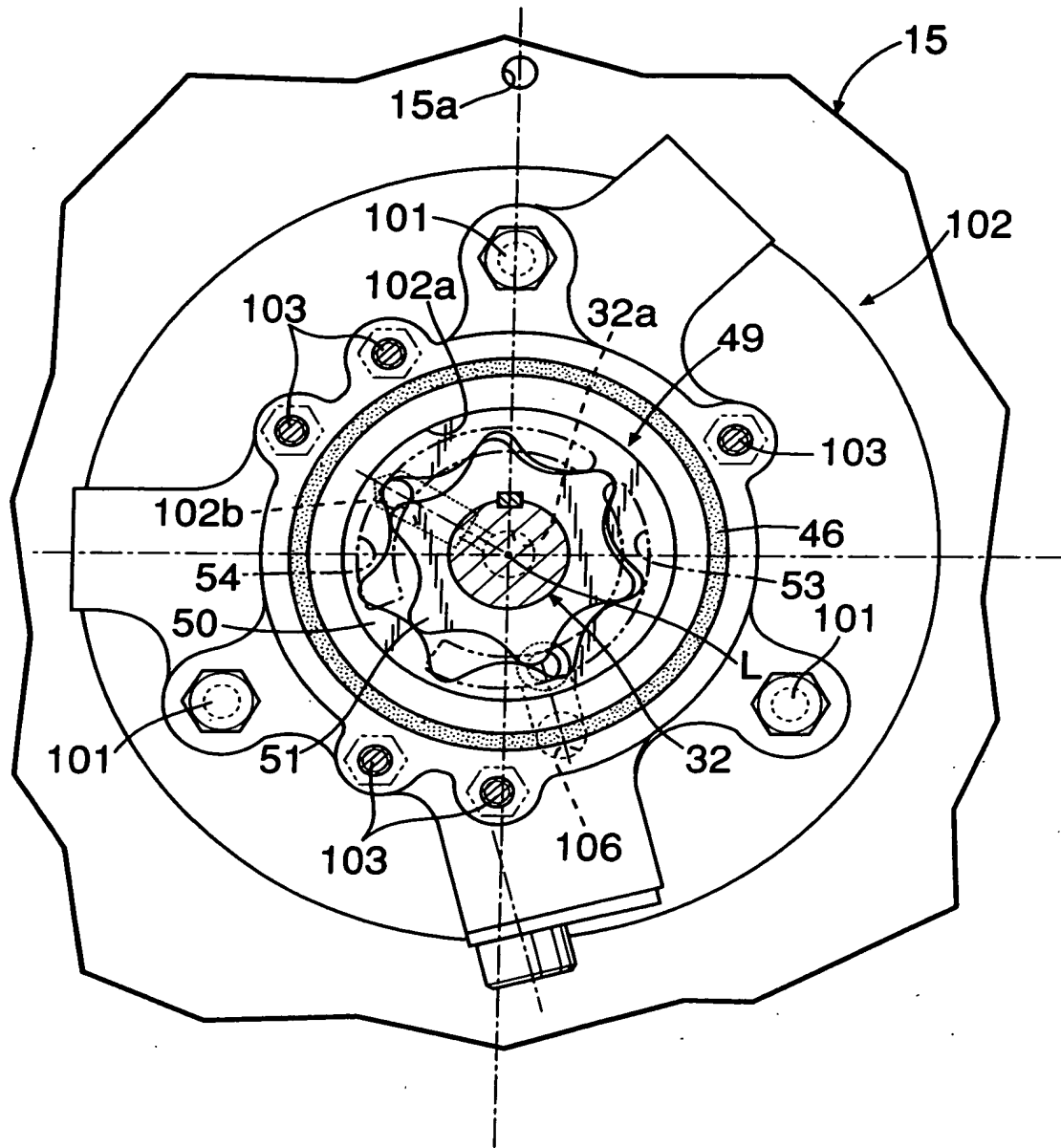


図 6

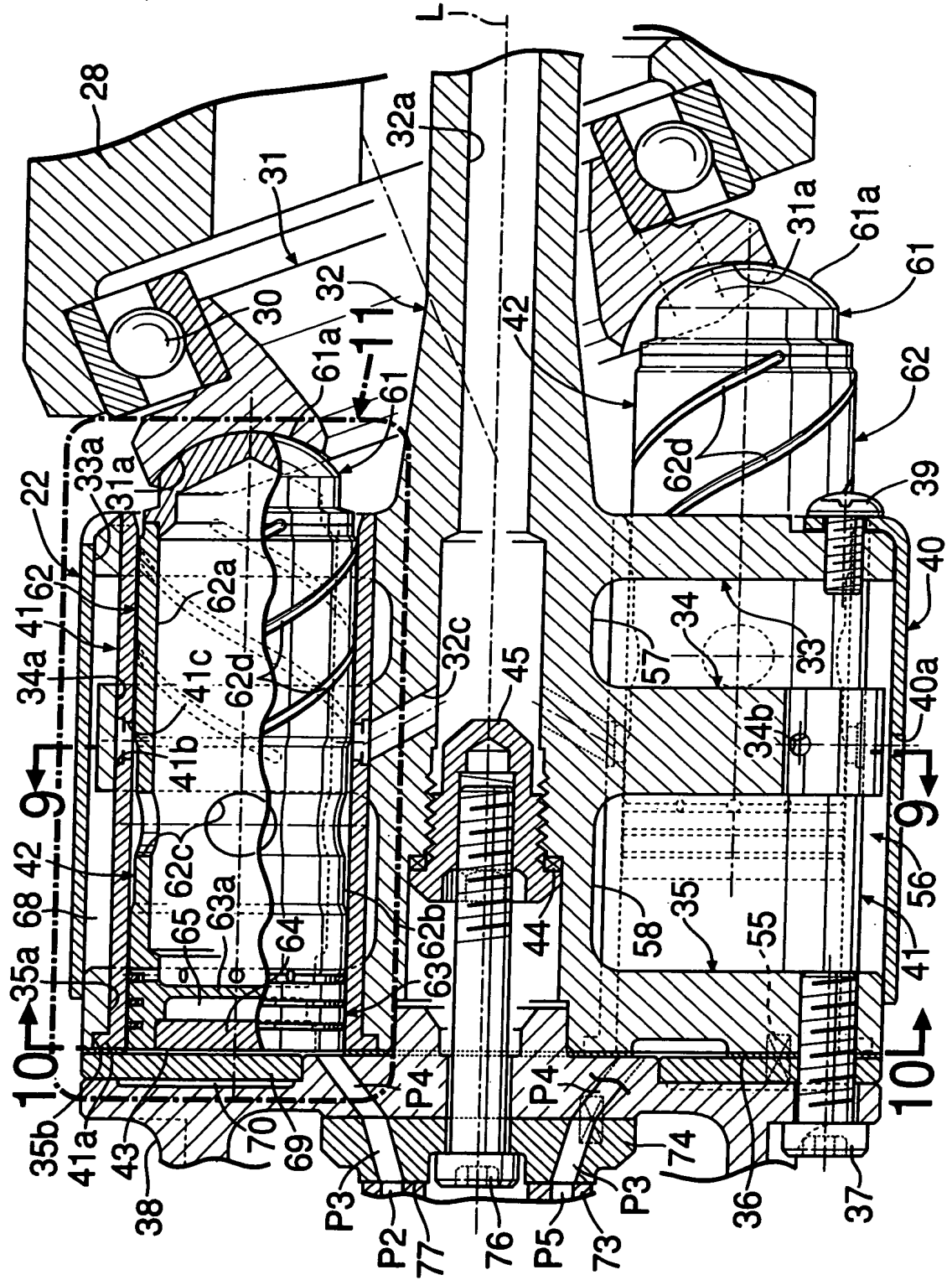


図 7

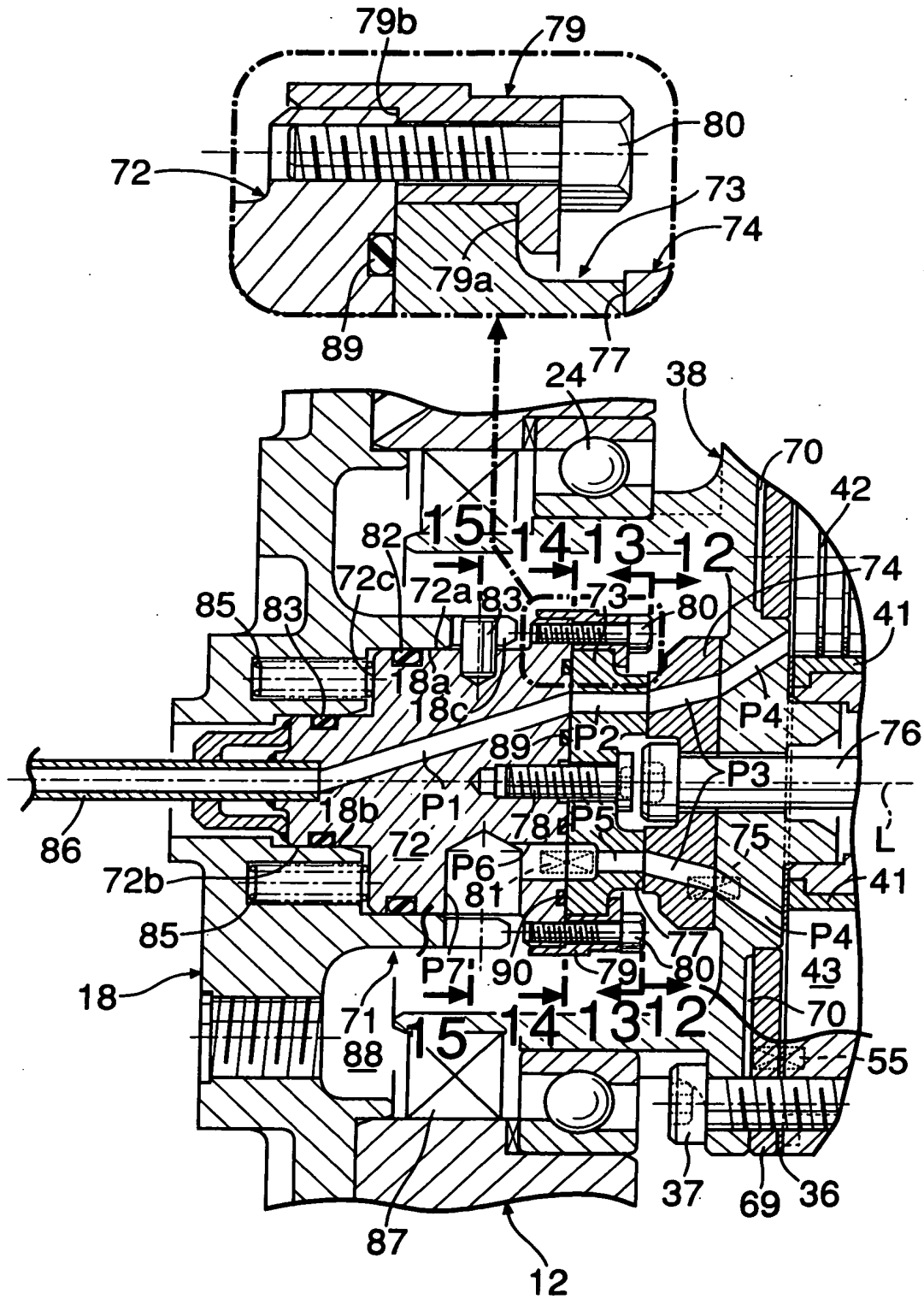


図 8

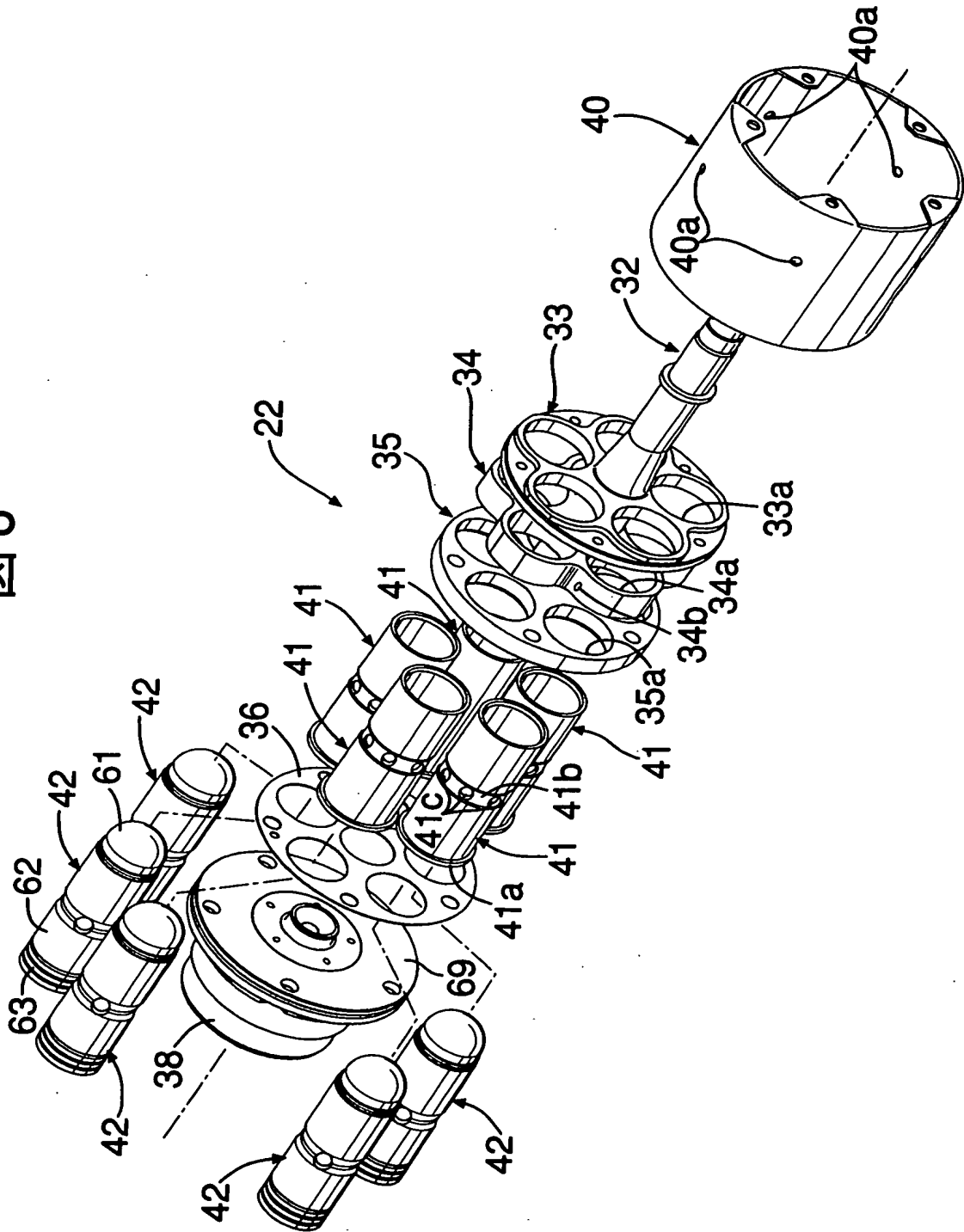


図 9

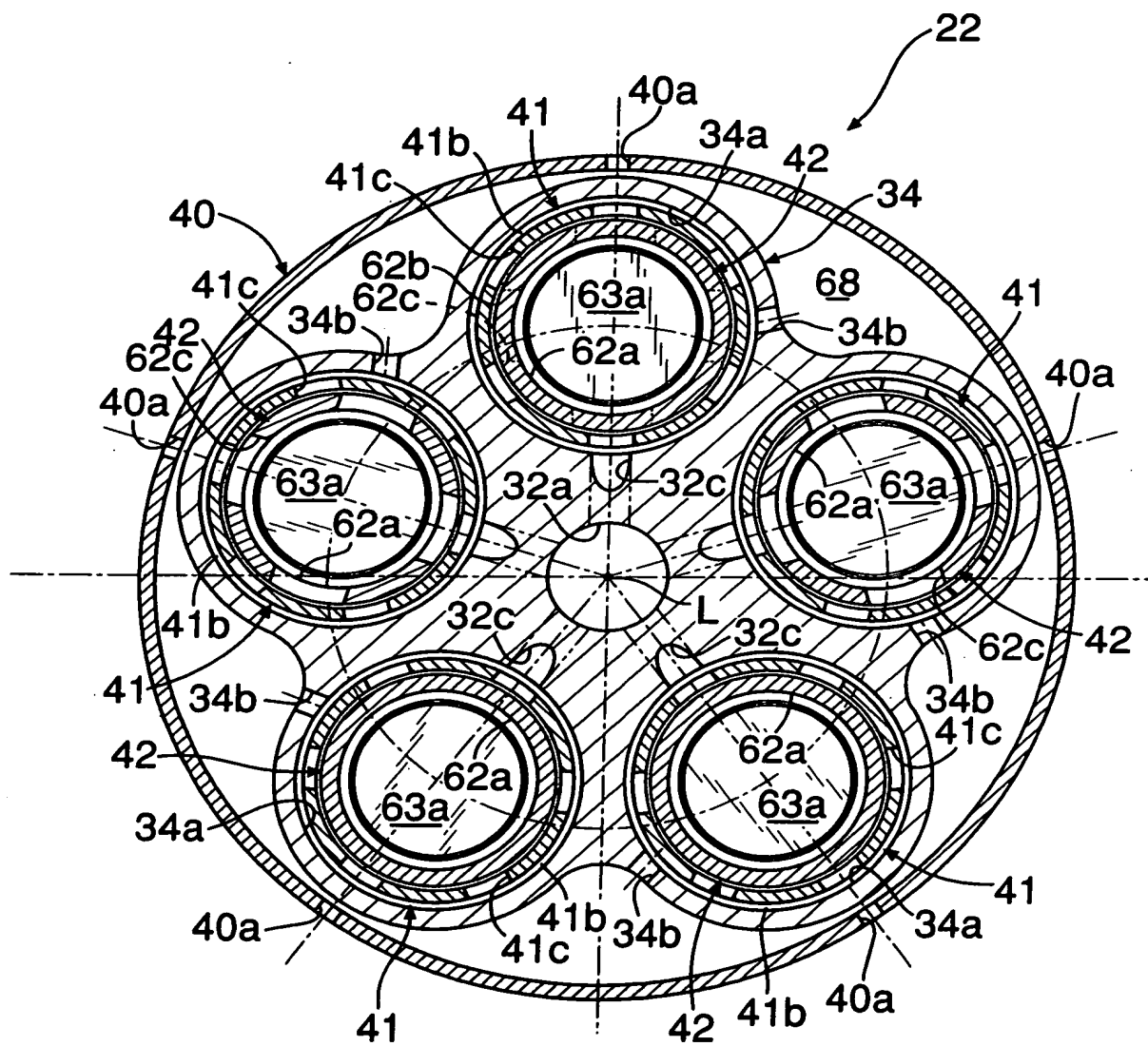
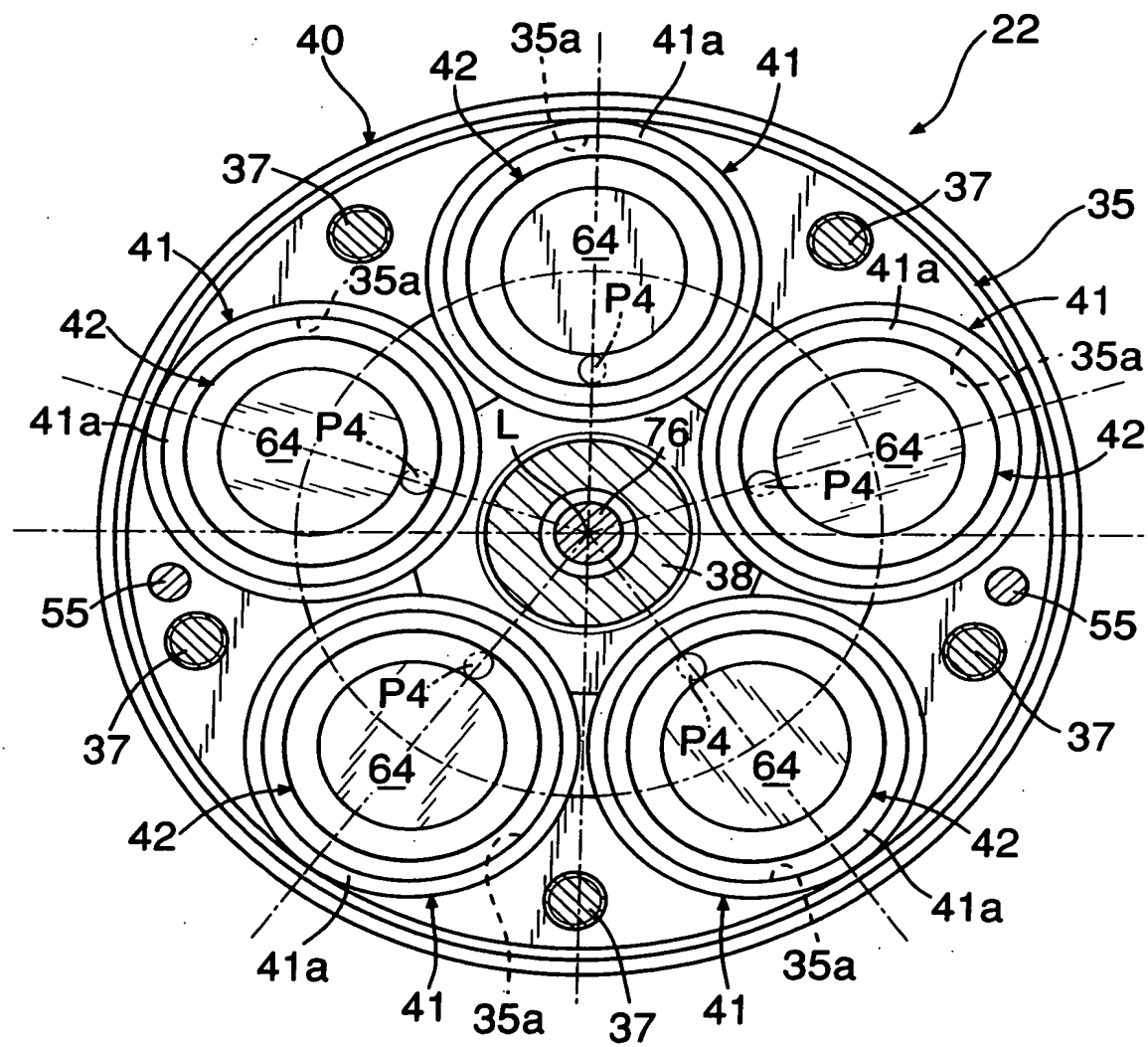


図 10



11

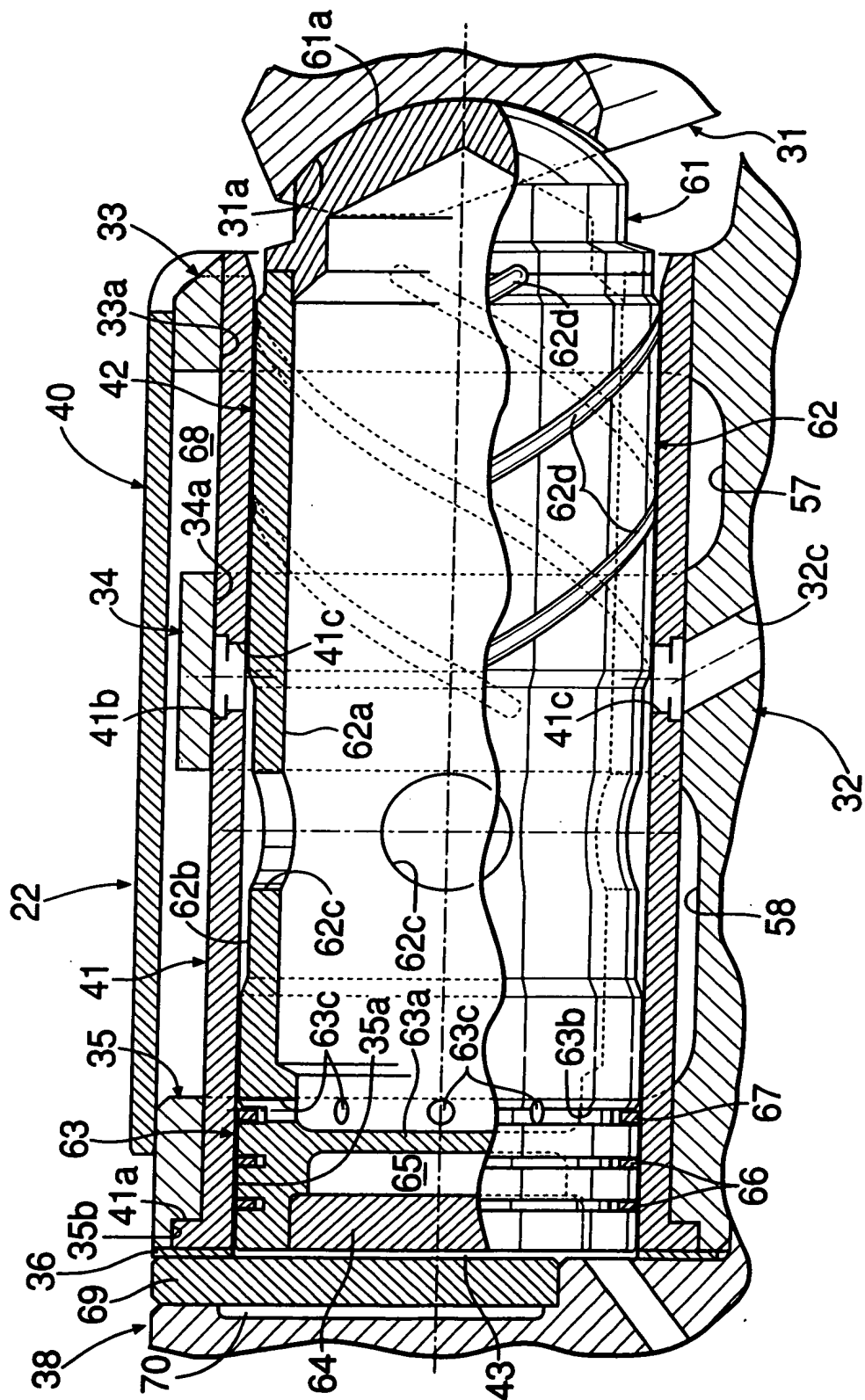


図 12

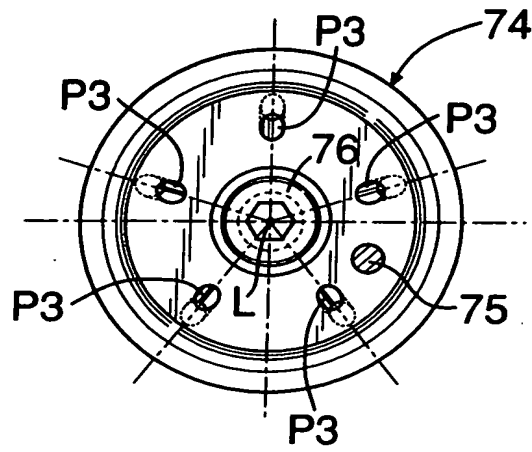


図 13

